

На данный момент одним из наиболее активно развивающихся направлений изготовления деталей ГТД (Газотурбинных двигателей) сложной конфигурации из титановых сплавов являются аддитивные технологии. Для изготовления деталей методами 3д-печати в качестве расходного материала преимущественно применяются порошки с необходимыми параметрами: химический и изотопный состав, размеры и сферическая форма частиц. Необходимые размеры частиц и сферическую форму порошков титановых сплавов получают при помощи разнообразных технологий атомизации, которые основаны на процессах распыления металла из расплавленной титановой заготовки. Одним из основных сдерживающих факторов промышленного развития АМ технологий является высокая стоимость и ограниченные объемы производства расходных материалов - качественных порошков титановых сплавов. Ведь необходимый химический и изотопный состав, стабильность механических свойств, в применяемых в настоящее время порошках титановых сплавов, достигается за счет использования для распыления порошков заготовки высокого качества. Другими важными показателями порошков титановых сплавов, применяемых в АМ технологиях, является их фракционный состав и форма. Порошки титана представляют собой частицы сплава титана сферической формы. Такой гранулометрический состав и форма порошков обусловлены необходимостью компактно укладываться в определенный объем и требованиями по «текучести» порошковых композиций в системах подачи материала.

Таким образом, вопросы, связанные с расходными материалами для аддитивных технологий, требуют отдельного рассмотрения. Поэтому актуальны исследования в сфере получения легированных порошков титановых сплавов, а именно альтернативный метод получения титановых порошковых материалов с несферической формой частиц, полученных путем дробления титана губчатого до необходимых фракций.

В данной работе рассмотрен способ дезинтегрирования или дробление легированного губчатого титана при помощи термохимического охрупчивания посредством водорода. Для этого на конструктивно модернизированной установке гидрирования [1] отработаны режимы насыщения водородом легированного титана губчатого и последующих процессов дробления, отсева и дегидрирования.

В результате получены HDH порошки легированного титана (Ti-Mo-Al-V-Zr), химический состав которых по всем элементам соответствует марочному сплаву BT20. Форма полученных порошков является несферической. Частицы порошка имеют угловатую форму, в связи с чем обладают невысокой текучестью [1]. Однако, частицы угловатой формы могут обеспечить меньшую пористость порошковых изделий, так как процесс печати подразумевает переплавление порошков, поэтому их форма не влияет на геометрию конечного изделия.

В результате можно сделать следующие выводы: технология получения легированного титана губчатого позволяет исключить затратные и технологически сложные операции, что положительно повлияет на стоимость сырья, а соответственно и на стоимость конечного продукта печати методом аддитивных технологий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хазнаферов, М. В. Технология получения «low-cost» порошков легированного титана для аддитивных процессов / М. В. Хазнаферов, А. В. Овчинников, Т. Б. Янко // Титан. – 2015. - No 2. – С. 31-36.
2. Фроус, Ф. Х. Порошковая металлургия титановых сплавов / Ф. Х. Фроус, Дж. Е. Смугерски. – М. : Металлургия, 1985. - 263 с.
3. Довбыш, В. М. Аддитивные технологии и изделия из металла / В. М. Довбыш, П. В. Забеднов, М. А. Зленко // Библиотечка литейщика. - 2014. - No 9. - С. 14-71.
4. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. – С.-Пб.: Издательство политехнического университета, 2013. - 221 с.

### **НАРАБОТКА РАДИОАКТИВНОГО ИЗОТОПА $^{85}\text{Sr}$ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ИРТ-Т ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОГО ДРЕЙФА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

Кабанов Д.В., Тимченко С.Н., Ушаков И.А., Кузьменко А.С.

Научный руководитель: Тимченко С.Н. к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [mamay2008@bk.ru](mailto:mamay2008@bk.ru)

Для селекции радиоактивных изотопов, находящихся в полярных растворах могут быть использованы внешние периодические электрические поля высокой частоты [1]. В настоящее время подавляющее число методов обогащения радиоактивных изотопов требуют дополнительных агентов, что в свою очередь приводит к увеличению количества радиоактивных отходов. Метод селективного дрейфа ионов металлов под действием внешнего асимметричного электромагнитного поля, позволяет выделить, необходимы элемент без образования дополнительных радиоактивных отходов [2]. В качестве объекта для исследований был выбран стронций как яркий представитель отработанного ядерного топлива

(ОЯТ). Распределение стронция под воздействием внешнего ассиметричного поля можно отслеживать при помощи гамма радиоактивной метки  $^{85}\text{Sr}$ .

Цель работы – наработка радиоактивной метки  $^{85}\text{Sr}$  и расчет биологической защиты для проведения анализа распределения ионов во внешнем ассиметричном электрическом поле.

Проведены расчеты длительности облучения мишени из хлорида стронция природного состава показавшие необходимость облучения не менее 2 суток облучения в сухом канале №6 реактора ИРТ-Т ( $2,9 \cdot 10^{13}$  нейтр./см<sup>2</sup>/с) Учитывая незначительное сечение захвата тепловых нейтронов ( $270 \pm 40$  мбарн) целевым нуклоном, при облучении необходимо увеличивать время облучения природного стронция. При увеличении облучения активируется массивный контейнер, изготовленный из алюминия марки АД-1, что затрудняет перегрузку мишени и ее последующую распаковку.

Таблица 1. Ядерно-физические характеристики некоторых изотопов стронция

Активируемый нуклид	$\sigma$ (0,025эВ), мбарн	Распространенность, %	Образующийся радионуклид (n, $\gamma$ )	$T_{1/2}$	Энергия гамма излучения, кэВ	Выход, %
$^{84}\text{Sr}$	$270 \pm 40$	0.5574	$^{85}\text{Sr}$	64.8 дн	514	99,3
	$600 \pm 60$		$^{85\text{m}}\text{Sr}$	1.13 ч.	231,9	84,4
$^{86}\text{Sr}$	$840 \pm 60$	9.8566	$^{87\text{m}}\text{Sr}$	2.8 ч.	388,4	82,5
$^{87}\text{Sr}$	17000	7.0015				
$^{88}\text{Sr}$	$5.8 \pm 0.4$	82.5845	$^{89}\text{Sr}$	50.6 дн	слаб. $\gamma$	

Для подтверждения проведенных расчетов нами была облучена мишень с хлоридом стронция массой 10,7 мг и 199,7 мг. Облучение проводили сухом канале №6 реактора ИРТ-Т в течение 18 и 42 часов соответственно. После «охлаждения» проводили измерение мощности дозы при перегрузке и вскрытии мишени. Измерение образовавшегося стронция-85 проводили на гамма-спектрометр многоканальный для измерения рентгеновского и гамма излучения CANBERRA на базе многоканального анализатора DSA-1000 с полупроводниковым блоком детектирования GS2018. После недельного «охлаждения» мощность дозы составляла 35 мкР/с. Теоретическая активность по  $^{85}\text{Sr}$  составила 46,7 кБк (мишень массой 10,7 мг) и 871,6 кБк (мишень массой 199,7 мг)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. Shamanin, M. A. Kazaryan, S. N. Timchenko, I. A. Ushakov Mechanistic models of the ion-solvation shell system// Bulletin of the Lebedev Physics Institute -2017 – vol. 44 -iss. 9. – pp. 254–257.
2. Li Hongda , Kazaryan M. A. , Shamanin I. V. , Timchenko S. N. , Ushakov I. A. Electroinduced drift of solvated ions in salt solution of Ce and Ni // Journal of Chemical Physics. - 2018 - Vol. 130 - №. 8, Article number 111. - pp. 1-6.

## ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА НА ПОРИСТОСТЬ ГРАФИТОВЫХ ПРЕСС-КОМПОЗИЦИЙ

Колесников Е.В.

Научный руководитель: Видяев Д.Г., д.т.н., профессор  
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [evk58@tpu.ru](mailto:evk58@tpu.ru)

В ядерной технике графит широко применяется как хороший замедлитель с малым сечением захвата нейтронов и как конструкционный материал, а также как матричный материал твэлов и материал противоосколочных покрытий сферических топливных частиц в высокотемпературных газоохлаждаемых реакторах.

Графит имеет большую анизотропию свойств, которая обусловлена кристаллической структурой, а также текстурой, образованной в процессе изготовления. В связи с этим наблюдается значительное различие физических и механических свойств в направлениях, параллельном и перпендикулярном к оси прессования или выдавливания.

Наиболее высокая степень анизотропии у графитовых материалов, полученных выдавливанием, в то время как при прессовании удается получать изотропные изделия [1, 2].

Качество графита применяемого как матричный материал в основном оценивается по общей пористости, доле открытых пор, их распределению и размерам [2]. Характер пористости во многом зависит от исходных материалов и способа изготовления. При этом пористость оказывает влияние на другие свойства графита, в частности, на сорбционные свойства, прочность и теплопроводность [3–5]. Для определения теплопроводности графита используют следующее уравнение:

$$1 - \frac{\lambda}{\lambda_0} = A\varepsilon;$$